

# LOCALIZAÇÃO SONORA EM USUÁRIOS DE APARELHOS DE AMPLIFICAÇÃO SONORA INDIVIDUAL

## *Sound localization by hearing aid users*

Paula Cristina Rodrigues <sup>(1)</sup>, Aline Cabral de Oliveira <sup>(2)</sup>,  
José Fernando Colafêmina <sup>(3)</sup>, Pedro de Lemos Menezes <sup>(4)</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** comparar o desempenho, no teste de localização de fontes sonoras, de usuários de aparelhos de amplificação sonora individual (AASI) do tipo retroauricular e intracanal, com o desempenho de ouvintes normais, nos planos espaciais horizontal e sagital mediano, para as frequências de 500, 2.000 e 4.500 Hz; e correlacionar os acertos no teste de localização sonora com o tempo de uso dos AASI. **Métodos:** foram testados oito ouvintes normais e 20 usuários de próteses auditivas, subdivididos em dois grupos. Um formado por 10 indivíduos usuários de próteses auditivas do tipo intracanal e o outro grupo formado por 10 usuários de próteses auditivas do tipo retroauricular. Todos foram submetidos ao teste de localização de fontes sonoras, no qual foram apresentados, aleatoriamente, três tipos de ondas quadradas, com frequências fundamentais em 0,5 kHz, 2 kHz e 4,5 kHz, na intensidade de 70 dBA. **Resultados:** encontrou-se percentuais de acertos médios de 78,4%, 72,2% e 72,9% para os ouvintes normais, em 0,5 kHz, 2 kHz e 4,5 kHz, respectivamente e 40,1%, 39,4% e 41,7% para os usuários de aparelho de amplificação sonora individual. Quanto aos tipos de aparelhos, os usuários do modelo intracanal acertaram a origem da fonte sonora em 47,2% das vezes e os usuários do modelo retroauricular em 37,4% das vezes. Não foi observada correlação entre o percentual de acertos no teste de localização sonora e o tempo de uso da prótese auditiva. **Conclusão:** ouvintes normais localizam as fontes sonoras de maneira mais eficiente que os usuários de aparelho de amplificação sonora individual e, dentre estes, os que utilizam o modelo intracanal obtiveram melhor desempenho. Além disso, o tempo de uso não interferiu no desempenho para localizar a origem das fontes sonoras.

**DESCRIPTORES:** Audição; Localização de Som; Auxiliares de Audição

### ■ INTRODUÇÃO

A localização de fontes sonoras é um fenômeno binaural, resultante das diferenças interaurais de

tempo e de intensidade do estímulo sonoro <sup>1,2</sup>. A acuidade na localização está condicionada ao plano espacial de onde se origina o som. A localização da fonte sonora no plano horizontal acontece pelas diferenças de intensidade interaural (DII) e tempo interaural (DTI) <sup>2-4</sup>.

Pesquisas <sup>3,4</sup> referem que a dependência espacial da DII, utilizada para detectar sons agudos, varia de acordo com o ângulo horizontal da fonte sonora, sendo melhor à medida que este ângulo aumenta, até o máximo 90°, azimute 90°, à direita ou à esquerda da linha média, onde a diferença pode atingir 35 dB em 10 kHz e 20 dB em 4 kHz. Já a DTI, utilizada para detecção de sons graves, melhora de acordo com a variação azimutal da mesma forma que a DII, e o atraso máximo de fase pode chegar a 700µs para uma onda com frequência de 1,4 kHz <sup>4-6</sup>. A localização sonora no plano vertical

<sup>(1)</sup> Fonoaudióloga em Maceió, AL, Brasil; Especialista em Audiologia pela Universidade Católica de Pernambuco.

<sup>(2)</sup> Fonoaudióloga em Maceió, AL, Brasil; Mestre e Doutoranda em Ciências Médicas na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

<sup>(3)</sup> Médico; Professor Livre-Docente da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil; Mestre e Doutor em Otorrinolaringologia pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

<sup>(4)</sup> Fonoaudiólogo; Professor Adjunto da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, UNCISAL, Maceió, AL, Brasil; Mestre em Biofísica pela Universidade Federal de Pernambuco; Doutor em Física Aplicada à Medicina e Biologia pela Universidade de São Paulo.

Conflito de interesses: inexistente

sagital mediano não pode ser realizada pelas DII e DTI, pois um estímulo apresentado em qualquer ponto deste plano não produzirá diferença entre as orelhas. Alguns trabalhos explicam que, neste plano, a detecção da origem da fonte sonora se dá devido às mudanças espectrais causadas pelas reflexões e difrações da onda sonora no tronco, nos ombros e nos acidentes do pavilhão auricular, mais especificamente da concha, a qual difrata de forma diferente as ondas sonoras para dentro do conduto. Para alguns autores, essas modificações acontecem, principalmente, em altas frequências, as quais facilitam a localização no plano sagital mediano<sup>3,7,8</sup>.

A presença de perdas auditivas prejudica a localização de fontes sonoras, uma vez que diminui a capacidade de discriminar as diferenças no som<sup>9-11</sup>. De acordo com alguns autores<sup>1</sup>, o uso de aparelhos de amplificação sonora individuais (AASI), como o próprio nome refere, tem como finalidade primária a amplificação sonora, da forma mais adequada e satisfatória possível.

Atualmente, os aparelhos mais indicados são os retroauriculares e os intra-aurais. Pesquisadores<sup>1</sup> relataram que os AASI retroauriculares podem ser utilizados por indivíduos com perdas auditivas de graus que variam de leve a profundo. Eles possuem espaço suficiente para acomodar vários controles, externos ou internos, e apresentam também uma grande versatilidade de ajustes. Os intra-aurais, apesar de não serem tão versáteis quanto os retroauriculares, possuem vantagens acústicas inegáveis em função da localização do seu microfone. Além disso, existe uma preferência dos pacientes por essas próteses devido à estética e ao conforto<sup>12</sup>. Dentre os intra-aurais, existem dois tipos que diferem pelo tamanho e, consequentemente, pelos componentes internos e externos. Os intra-auriculares são de maior tamanho e preenchem completamente a área da concha, podem ser adaptados para diferentes graus de perdas auditivas, possibilitando maior ganho acústico e circuito mais complexo. Já os intracanaís possuem um tamanho intermediário entre as intra-auriculares e os microcanaís. Em função do tamanho, seu uso é mais limitado, dificultando a versatilidade de controles e ajustes<sup>13</sup>.

Alguns autores<sup>1</sup> ressaltaram que, devido ao pequeno tamanho do AASI, os microcanaís são os mais escolhidos pelos usuários. Além disso, trazem vantagens acústicas inegáveis, uma vez que ficam posicionados entre 1 e 2 mm da abertura meatal e a 5 mm ou menos da membrana timpânica. Assim, o uso deste tipo de AASI auxiliaria na detecção das diferenças interaurais de tempo e de intensidade do estímulo sonoro. Entretanto, o molde, no caso de aparelhos retroauriculares, ou, o próprio aparelho,

no caso de próteses intracanaís, causam prejuízo no que diz respeito ao fenômeno de ressonância que acontece, naturalmente, nos acidentes anatômicos do pavilhão auricular e conduto auditivo externo. Essa ressonância auxilia na amplificação das frequências da fala humana, e, consequente melhora da inteligibilidade da fala. Além disso, a localização da fonte sonora no ângulo de elevação é extremamente dependente dos acidentes anatômicos do pavilhão auricular<sup>12,14</sup>.

Pessoas com audição normal percebem e discriminam melhor os sons justamente por possuírem duas orelhas. Dessa forma, pode-se afirmar que pessoas com deficiência auditiva bilateral irão ouvir melhor se estiverem utilizando próteses bilaterais. Ouvir com duas próteses auditivas retroauriculares ou intra-aurais possibilita ou melhora a localização sonora, bem como induz à soma binaural, elimina o efeito sombra da cabeça, melhora a habilidade de separar sons dos ruídos ambientais e o reconhecimento de fala na presença do ruído<sup>1,15</sup>. Por isso, acredita-se na amplificação binaural como forma de adaptação preferencial para todos os indivíduos candidatos ao uso de AASI, a menos que exista uma contra-indicação específica<sup>16</sup>.

Sendo a localização de fontes sonoras uma função importante para o desempenho auditivo do indivíduo, uma vez que, em algumas situações, sobretudo fora do campo visual, é o único sentido presente para percepção à distância e que a falta de tal sentido implica, muitas vezes, no aumento dos riscos de acidentes, o presente estudo teve como objetivo comparar o desempenho, no teste de localização de fontes sonoras, de usuários de aparelhos de amplificação sonora individual do tipo retroauricular e intra-canal, com o desempenho de ouvintes normais, nos planos espaciais horizontal e sagital mediano, para as frequências de 500, 2.000 e 4.500 Hz e correlacionar os acertos no teste de localização sonora com o tempo de uso dos AASI.

## ■ MÉTODOS

Estudo observacional analítico, com amostra composta por 28 indivíduos, divididos em dois grupos, segundo utilização ou não de aparelhos de amplificação sonora individual. O grupo controle foi constituído por oito voluntários, ouvintes normais, e o grupo experimental, por 20 usuários de AASI, sendo que 10 utilizavam AASI do tipo retroauricular e 10 AASI do tipo intracanal.

Foram adotados os seguintes critérios de inclusão, para o grupo controle: a) faixa etária entre 18 e 65 anos; b) audição com limiares auditivos iguais ou menores que 20 dBNA. Para o grupo

experimental, esses critérios foram: a) faixa etária entre 18 e 65 anos; b) ser usuário de AASI retroauricular ou intracanal bilateralmente; c) apresentar perda auditiva do tipo sensorineural (ANSI – 1969), com diferenças entre as orelhas, por frequência, iguais ou inferiores a 20 dB; d) limiar auditivo, por orelha, com AASI até 20 dBNA, realizado em campo livre utilizando-se uma prótese de cada vez; e) tempo de uso de AASI maior que seis meses; f) todos deveriam utilizar próteses auditivas da mesma marca e modelo, sendo AASI retroauriculares ou intracanaís, os quais dispunham da mesma tecnologia digital e das mesmas características: seis canais de ganho para entrada G (50); seis canais de ganho para entrada G (80); seis canais de saída máxima; compressão dinâmica digital coclear de seis bandas; até três programas com ajuste independente; supressão digital de feedback e opção de bobina telefônica.

Já os critérios de exclusão estabelecidos, para ambos os grupos, foram: a) exposição a ruído ocupacional ou de lazer; b) cirurgias otológicas; c) mais de três infecções de ouvido no ano corrente; d) uso de medicação ototóxica; e) experiência anterior com testes de localização sonora espacial.

Os exames foram realizados no consultório de Audiologia do Centro Médico Dr. Alexandre Nobre e no Laboratório de Instrumentação e Acústica (LIA) da UNCISAL, ambos na cidade de Maceió – AL.

Inicialmente, foi aplicado um questionário de triagem. Em seguida o “termo de consentimento livre e esclarecido” foi lido, explicado verbalmente e assinado pelos sujeitos que aceitaram participar do estudo. Posteriormente, os indivíduos do grupo controle foram submetidos aos seguintes procedimentos: otoscopia, audiometria tonal liminar, imitanciometria e teste de localização de fontes sonoras. O grupo experimental foi submetido à: otoscopia, audiometria tonal liminar, análise das baterias das próteses auditivas, audiometria com e sem prótese auditiva e teste de localização de fontes sonoras com a utilização dos AASI.

A otoscopia foi realizada utilizando-se um otoscópio da marca *Welch Allyn* 29090, para a imitanciometria utilizou-se o impedanciômetro modelo AT235 e para a audiometria tonal liminar, o audiômetro modelo AC40, com tom puro pulsátil, nas frequências de 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz; 2.000 Hz, 3.000 Hz, 4.000 Hz, 6.000 Hz e 8.000 Hz. Ambos os equipamentos são da marca *Interacoustic*. Os testes de localização sonora foram realizados em uma sala reverberante (3x3x3 m), no LIA, com níveis ambientais de ruído de aproximadamente 41 dBA e completamente iluminada. O equipamento utilizado para testar a localização sonora espacial dos participantes é conhecido como Analisador de

Percepção Sonora Espacial e foi desenvolvido na Universidade Federal de Pernambuco e na UNCISAL, utilizado em estudos anteriores<sup>3,14</sup>. Foi utilizada uma sala reverberante porque este é o ambiente acústico onde a maioria das pessoas está mais presente, seja em casa ou no trabalho.

Foram utilizadas ondas quadradas com frequências fundamentais de 500 Hz, 2.000 Hz e 4.500 Hz e foram apresentados quinze estímulos em cada uma das 13 posições, nas três frequências citadas, totalizando 585 estímulos para cada voluntário.

A intensidade foi fixada em 70 dBA, medida no centro da estrutura metálica do aparelho por um analisador de nível de pressão sonora da marca *Minipa*, modelo MSL – 1351C. O som produzido foi registrado pelo *software Adobe Audition 2.0*, para que os harmônicos pudessem ser analisados. Os estímulos apresentados tiveram duração de um segundo e o tempo máximo de resposta esperado foi de quatro segundos, além do qual tal resposta era considerada nula. Os tempos foram marcados com um cronômetro da marca *Casio*.

Foi utilizada uma frequência por vez, escolhida, antecipadamente, de forma aleatória. A ordem de estimulação dos alto-falantes – 195 estímulos por frequência – foi feita com a ajuda do *Software Random Number Generator* (1997), sendo diferente para cada participante. Para o registro das respostas, foram utilizados formulários com a ordem dos estímulos, impressa pelo programa supracitado.

As pessoas testadas deveriam indicar em um controle ou console auxiliar, que possuía botões com a representação espacial dos alto-falantes, a origem da fonte sonora, de acordo com a sequência apresentada pelo pesquisador. Essa sequência foi gerada por um controle de comando, que também possuía 13 botões de interruptores *push-bottom*, representando espacialmente esses alto-falantes. Acima de cada interruptor, nesse controle de comando, existia um *led* de luz vermelha, que acendia de acordo com as respostas dos participantes.

Os participantes foram instruídos a permanecerem de olhos abertos, focalizando um ponto na parede diretamente à frente e mantendo a cabeça imóvel durante a estimulação. Os mesmos não receberam qualquer tipo de retorno a respeito dos resultados.

O protocolo desta pesquisa está baseado na legislação pertinente, Resolução Nº 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, para estudos com seres humanos e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL, com protocolo nº 1182006.

Os dados foram tabulados e processados pelo aplicativo para microcomputador *Statistical Package*

for Social Sciences (SPSS) versão 16.0. Para a descrição dos dados, fez-se uso da descrição das médias, dos desvios-padrão e dos percentis 10 e 90 e da apresentação gráfica dos percentuais. A normalidade das amostras foi observada através do teste de *Kolmogorov-Smirnov* e *Shapiro-Wilk*.

Após os dados obtidos serem caracterizados com a utilização de técnicas de estatística descritiva, aplicou-se o teste não-paramétrico de *Mann-Whitney U* para verificação das diferenças entre o percentual de acertos na localização sonora do grupo de usuários (grupo experimental) e do grupo de não usuários de AASI (grupo controle). O teste *T de Student* foi utilizado para comparar, no grupo experimental, as diferenças dos acertos médios na localização sonora entre o plano espacial horizontal e o vertical sagital mediano e para comparação desses planos espaciais, entre os usuários de AASI intracanal e retroauricular. Foi utilizado, ainda, o teste qui-quadrado para comparar as diferenças entre os percentuais de acertos, entre as frequências, do grupo experimental. Por fim, a análise da relação entre os acertos na localização sonora e tempo de uso do AASI foi conduzida utilizando-se o teste de correlação bivariada, com grau de relacionamento linear observado através do coeficiente de *Pearson*. Os valores foram considerados significantes para  $p$  menor que 0,05 ( $p < 0,05$ ) e o erro amostral máximo admitido,  $\beta$ , foi de 0,1.

## ■ RESULTADOS

A amostra estudada foi composta por 28 voluntários, sendo 20 do grupo experimental (usuários de AASI) e oito do grupo controle (indivíduos com audição normal). No grupo experimental, seis indivíduos eram do gênero masculino e 14 do feminino, e, no

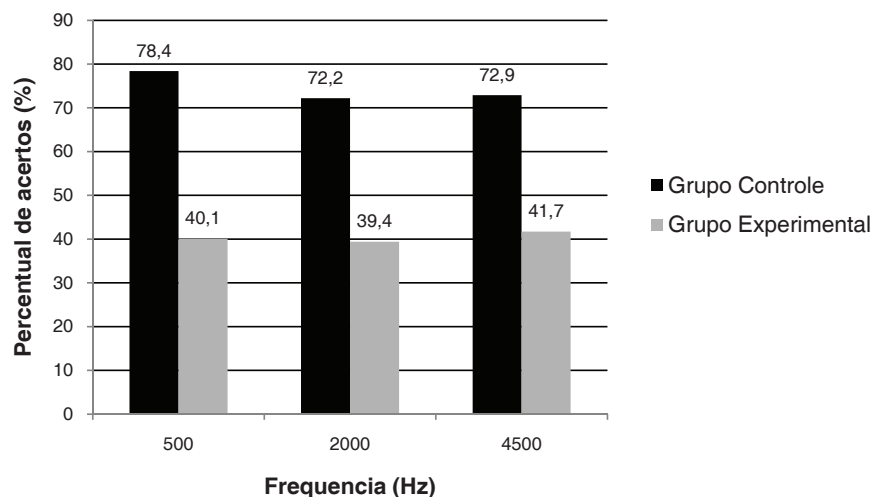
grupo controle, três eram do gênero masculino e cinco do feminino. O grupo controle apresentou média etária de 40,6 anos, desvio padrão de 12,3 anos, percentil 10 igual a 28,7 e percentil 90 igual a 55,9. Verificou-se, no grupo experimental, média etária de 42,5 anos, desvio padrão de 15,5 anos e percentis 10 e 90, com valores iguais a 20 e 61,1, respectivamente.

Dentre os usuários de AASI, 10 utilizavam AASI do tipo intracanal e 10 do tipo retroauricular, com tempo de uso, bilateralmente, de 7 a 180 meses.

A normalidade das amostras, quanto aos acertos na localização de fontes sonoras e o tempo de uso dos AASI, foi observada, utilizando-se os testes de *Shapiro-Wilk* e *Kolmogorov-Smirnov*, entretanto, verificou-se distribuição normal apenas para o grupo experimental. Dessa forma, utilizou-se o teste não-paramétrico de *Mann-Whitney U* para a comparação entre os grupos e os testes *T de Student* e de correlação bivariada para as análises com o grupo experimental.

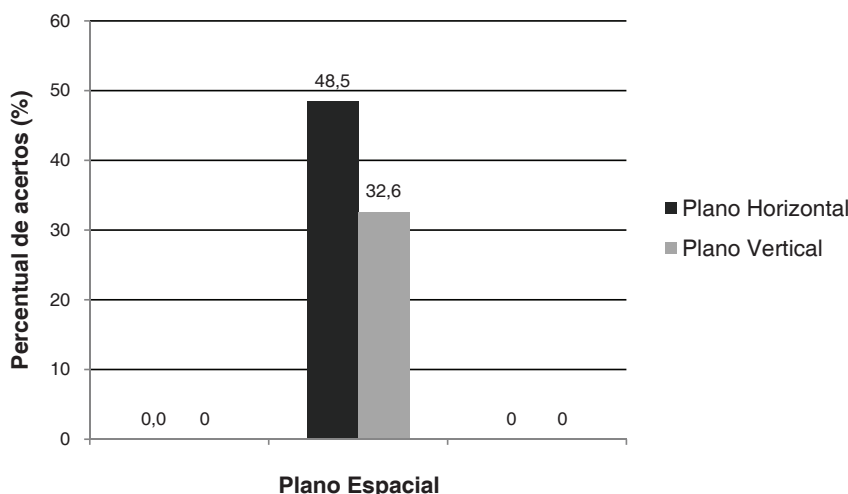
Pode-se observar, na Figura 1, o percentual de acertos na localização de fontes sonoras, independente do plano espacial, por frequência, para o grupo de ouvintes normais (grupo controle) e para o grupo de usuários de próteses auditivas (grupo experimental).

Aplicando-se o teste de *Mann-Whitney U*, nos resultados dispostos na Figura 1, verificou-se diferença significativa entre o percentual de acertos na localização sonora, entre os grupos controle e experimental para todas as frequências, com valores de  $p$  menores que 0,001, o que confirma um melhor desempenho dos ouvintes normais. O teste qui-quadrado não revelou diferenças estatisticamente significantes entre as frequências dentro do mesmo grupo (experimental), com valor de  $p$  igual a 0,96.



**Figura 1 – Percentual de acertos na localização sonora para o grupo controle e para o grupo experimental, por frequência, independente do plano espacial**





**Figura 2 – Percentual de acertos na localização sonora para o grupo experimental, por plano espacial, independente da frequência**

No grupo experimental, a localização sonora, no plano horizontal, foi correta em 48,5% das vezes, e em 32,6%, no plano vertical sagital mediano, como pode ser visto na Figura 2. Observou-se diferença nos acertos entre esses planos espaciais, independente da frequência, com  $p$  valor menor que 0,001, para o Teste *T de Student*.

Quando comparados os tipos de AASI, constatou-se, por meio do teste *T de Student*, diferença no percentual médio de acertos da localização de fontes sonoras entre os usuários de AASI intracanaís (47,2%) e os usuários de AASI retroauriculares (37,45%), com nível de significância ( $p$ ) de 0,002.

A ausência de correlação entre o tempo de uso dos AASI e o percentual de acertos na localização sonora ( $p$  igual a 0,126) foi verificado por meio do teste de correlação bivariada (com grau de relacionamento linear observado por meio do coeficiente de *Pearson*). Assim, o tempo de uso dos AASI, no grupo estudado, não interferiu no desempenho dos testes de localização de fontes sonoras.

## ■ DISCUSSÃO

O número de acertos na localização sonora, independente da frequência, foi maior no grupo controle que no experimental, fato já observado em estudo anterior<sup>10</sup>. Assim, apesar do uso de AASI bilateralmente, foi verificada dificuldade quanto à habilidade auditiva de localização sonora, a qual é preservada, apenas, quando a adaptação do AASI acontece antes dos seis meses de vida<sup>17</sup>, o que não foi realidade de nenhum dos sujeitos do estudo. Outro estudo

realizado anteriormente<sup>18</sup> demonstrou que a adaptação binaural de AASI ocasiona melhora na localização de fontes sonoras, enquanto a adaptação unilateral, mesmo em perdas auditivas unilaterais, não traz efeitos positivos para a habilidade de localização de fontes sonoras.

Para o grupo experimental, verificou-se a presença de um maior percentual médio de acertos na localização sonora no plano horizontal, quando comparado ao plano vertical sagital mediano. Este achado também foi destacado em pesquisas anteriores<sup>2,14,19</sup>. Isto pode ser justificado, pois no plano vertical sagital mediano, as ondas sonoras chegam em fase e com mesma intensidade nas duas orelhas, o que aumenta os erros em decorrência das dificuldades quanto à percepção das diferenças interaurais<sup>11</sup>.

Constatou-se maior número de acertos na localização sonora para os indivíduos que utilizavam AASI do tipo intracanal que para os que utilizavam o tipo retroauricular, visto que os AASI intracanaís localizam-se, apenas, no conduto auditivo externo e o microfone fica localizado no centro da concha do pavilhão auricular. Sendo assim, o som que atinge o pavilhão auricular irá refletir nos acidentes anatômicos e difratar para dentro do conduto auditivo externo de maneira mais semelhante ao que acontece com ouvintes normais, em função da localização do microfone, a qual mantém as funções da orelha externa<sup>7,8,13</sup>. Já nos AASI retroauriculares, o microfone posiciona-se atrás da orelha, fazendo com que o som tenha um caminho completamente diferente, o que prejudica a localização da fonte sonora.

Pesquisadores<sup>17</sup> relataram que, devido à neuroplasticidade, o uso contínuo de AASI pode melhorar as habilidades auditivas. Entretanto, no presente estudo, não foi observada relação entre o aumento no tempo de uso dos AASI e a melhora no desempenho no teste de localização sonora, o que pode ser explicado pela sobreposição da interferência acústica dos AASI em relação a alguma forma de treinamento auditivo para a localização de fontes sonoras adquiridas com o tempo de utilização dos mesmos.

## ■ CONCLUSÃO

Ouvintes normais localizam fontes sonoras de maneira mais eficiente que os usuários de AASI. Para o grupo experimental, a localização sonora é melhor no plano horizontal do que no plano vertical sagital mediano. Além disso, dentre os usuários de AASI, os que utilizam o modelo intracanal obtiveram melhor desempenho que os usuários dos AASI retroauriculares e não houve correlação entre tempo de uso do AASI com o aumento no percentual de acertos na localização sonora.

## ABSTRACT

**Purpose:** to compare the sound localization performance of hearing aids users, with the performance of normal hearing in the horizontal and sagittal planes, at 0.5, 2 and 4.5 Hz; to correlate the correct responses in sound localization tasks and the use time of hearing aids. **Methods:** eight normal hearing subjects and 20 hearing aid users were tested, subdivided into groups of 10 in-the-canal (ITC) hearing aid users and 10 behind-the-ear (BTE) hearing aid users. All subjects were tested with a sound localization device which had three types of square waves with fundamental frequencies at 0.5 kHz, 2 kHz and 4.5 kHz, at 70 dBA. **Results:** the rate of correct responses in sound localization tasks was 78.4%, 72.2% and 72.9% for normal hearing subjects, at 0.5 kHz, 2 kHz and 4.5 kHz, respectively, and 40.1%, 39.4%, and 41.7% for hearing aid users. As for the types of hearing aids, users of ITC type hit the correctly sound localization in 47.2% and user of BTE type in 37.4%. **Conclusion:** normal hearing subjects locate sound sources more efficiently than hearing aid users, and among these, those using the ITC type obtained better performance. Moreover, the time of use does not interfere with the performance for locating the sound sources.

**KEYWORDS:** Hearing; Sound Localization; Hearing Aids

## ■ REFERÊNCIAS

1. Campos CAH, Russo ICP, Almeida K. Indicação, seleção e adaptação de próteses auditivas: princípios gerais. In: Almeida K, Iorio MCM. Próteses auditivas: fundamentos teóricos & aplicações clínicas. São Paulo: Lovise; 2003: 35-53.
2. Van Wanrooij MM, Van Opstal AJ. Sound localization under perturbed binaural hearing. J Neurophysiol. 2007; 97(1):715-26.
3. Menezes PL. Localização de fontes sonoras por ouvintes normais em ambiente reverberante [dissertação]. Recife (PE): Universidade Federal de Pernambuco; 2002.
4. Sabin AT, MacPherson EA, Middlebrooks JC. Human sound localization at near-threshold levels. Hear Res. 2005 Jan; 199(1-2):124-34.
5. Shinn-Cunningham BG, Kopco N, Martin TJ. Localizing nearby sound sources in a classroom: binaural room impulse responses. J Acoust Soc Am. 2005 May; 117(5): 3100-15.
6. Huang J, Huang Y, Wu XH, Li L. [Age-related differences in the precedence effect and the detection of the dynamic change in interaural correlation]. J Acoust Soc Am. 2007 May; 121(5Pt2):3119.
7. Sekido H, Watanabe Y, Hamada H. A study of pinna effect on head-related transfer functions (A). J Acoust Soc Am. 2006 Nov; 120(5):3212.
8. Macdonald JA. A localization algorithm based on head-related transfer functions. J Acoust Soc Am. 2008 June; 123(6):4290-6.
9. Wazen JJ, Ghossaini SN, Spitzer JB, Kuller M. Localization by unilateral BAHA users. Otol Head Neck Surg. 2005; 132(6):928-32.
10. Wightman FL, Kistler DJ. The dominant role of low-frequency interaural time differences in sound localization. J Acoust Soc Am. 1992; 91(3):1648-61.
11. Abel SM, Lam K. Impact of unilateral hearing loss on sound localization. Appl Acoust. 2008; 69(9):804-11.
12. Simon HJ, Yund EW, Levitt H. Auditory localization with linear and compression hearing

- aids. J Acoust Soc Am. 2008 May; 123(5):3168. <http://dx.doi.org/10.1121/1.2933230>
13. Beimel B, Rohrseitz K. Hearing device and method of operating a hearing device. J Acoust Soc Am. 2008 Dec; 124(6):3369.
14. Menezes PL, Soares IA, Caldas Neto S, Maciel R, Motta M. Estudo da localização sonora em ouvintes normais. J Bras Fonoaudiol. 2003; 4(15):109-13.
15. Sasaki A, Murase A, Sakamoto S, Suzuki Y, Kawase T, Kobayashi T. Effects of dichotic listening for hearing impaired people (A). J Acoust Soc Am. 2006 Nov; 120(5):3348-9.
16. Besing J, Koehnke J, Zurek PM, Kawakyu K, Lister J. Aided and unaided performance on a clinical test of sound localization. J Acoust Soc Am. 1999 Feb; 105(2):1025. <http://dx.doi.org/10.1121/1.424904>
17. Almeida K, Santos TMM. Seleção e adaptação de próteses auditivas em crianças. In: Almeida K, Iorio MCM. Próteses auditivas: fundamentos teóricos & aplicações clínicas. São Paulo: Lovise; 2003: 35-53.
18. Priwin C, Jönsson R, Hultcrantz M, Granström G. BAHA in children and adolescents with unilateral or bilateral conductive hearing loss: a study of outcome. Int J Ped Otorhinolaryngol. 2007; 71(1):135-45.
19. Cabral F, Kamimura HA, Motta M, Rodrigues RG, Pelá CA, Menezes PL. Erros na localização sonora por bombeiros ouvintes normais. Fono Brasil. 2005; 3(2):1-3.

RECEBIDO EM: 19/05/2009

ACEITO EM: 14/12/2009

Endereço para correspondência:

Pedro de Lemos Menezes

Rua Dr. Antônio Cansanção, 55 ap. 703

Maceió – AL

CEP: 57035-190

E-mail: [pedrodelemosmenezes@gmail.com](mailto:pedrodelemosmenezes@gmail.com)